

因應氣候變遷洪災韌性提升策略建構(1/2)

Construction strategies for flood resilience enhancement under climate change (1/2)

主管單位：經濟部水利署

游保杉 ¹	盧沛文 ²	郭振民 ¹
Yu, Pao-Shan	Lu, Pei-Wen	Kuo, Chen-Min
陳明陀 ³		楊道昌 ¹
Chen, Ming-Tuo		Yang, Tao-Chang

¹ 國立成功大學水利暨海洋工程學系

² 國立彰化師範大學地理學系

³ 禾唐工程顧問有限公司

摘要

在未來氣候變遷影響下提升洪災韌性勢在必行。提升洪災韌性的策略需考量國土規劃、政府部會政策分工與推動，及民眾需求等不同層面，其影響相當廣泛，需由下而上的推動，以建立完善之洪災韌性提升步驟與策略。據此，本計畫擬以二年為期程，執行因應氣候變遷洪災韌性提升策略建構，致力於洪災韌性提升方案與相關政策之研提，建立其政策規劃與研訂所需考量之步驟，以供後續推行之依循。然而，相關政策之研提與規劃，除以專業角度進行規劃設計外，需由下而上的先瞭解民眾意願與模式模擬成果，據以提供政府部門相關政策之規劃、調整，並達成政策與民眾需求之平衡。

本計畫提出洪災韌性提升策略建構五階段：「洪災成因分析」、「韌性提升方案建立」、「模擬提升方案成效」、「民眾參與」，以及「提案設計與效益檢核」進行洪災韌性提升方案初步設計與規劃。本年度透過京都與曼谷之洪災韌性提升方案之回顧，並配合國際近自然解決方案之蒐集與民眾感知調查，據以建立符合民眾期待之有效洪災韌性提升策略，初步以臺南市安南區總頭地區為案例，建立各項土地利用類別的洪災韌性提升方案，配合民眾需求調查與感知評量之操作，並利用 SOBEK 淹水模擬模式模擬各方案之成效，初步將各土地利用方式之洪災韌性提升方案初擬如，工業區：(1)自主墊高、(2)淹水監測與通報系統建置；農地與閒置用地：建議採緩坡式地景設計，以強化大範圍滯洪能力；住宅區：(1)多目標滯洪建築或滯洪廣場、(2)淹水監測與即時通報系統建置；道路用地：(1)主要連絡道路加高並施設透水鋪面、(2)地勢較低處架設移動式防水擋版減少主要聯絡道路積淹水，同時配合非工程相關方案可有效減緩洪災造成之影響，進而提升洪災韌性。

關鍵詞：洪災韌性、氣候變遷、近自然解決方案

Abstract

The enhancement of flood resilience is the only way to overcome the effect under climate change. The national spatial plan, the cooperation among ministries and public demand should be considered in the strategies. Thus, we should build the bottom-up procedure to propose complete strategies. This project is aim to develop the strategy to enhance the flood resilience and response to climate change in the two-year period. The framework was proposed to form the procedure of making flood resilience strategy. The framework consists the professional engineering design and public willing to balance the deficit between public and government. The flood resilience enhance methods will be tested in the demonstrated inundation area, that considering the public demands, and engineering or non-engineering methods, to enhance the flood resilience.

The flood resilience improvement strategies of Kyoto and Bangkok, and the natural-based solutions are collected for applying to the demonstration area: Zongtou region of Tainan City. The strategies are screening with the public demand and sensing assessments to balance the difference between public and government. The SOBEM model us also used to simulate the performance of flood mitigation. The preliminary strategies for the industrial area are: 1.elevation raisen, 2.flood warning and monitoring system. For the abandon farmland, the stratagies is wide range detention area with smooth slope designed. The stratagies for the residential area are: 1.multi-objective detention building or plaza, 2. inundation warning and monitoring system. For the road or steet, the stratagies are: 1.elevation raisen and infiltration pavement for the main street, 2. Using mobile waterproof barrier for low-lying area. And cooperate in non-engineering methods will effectively mitigate the impact of floods and improve flood resilience.

Keywords : flood resilience, climate change, nature-based solution.

一、前言

臺灣是多自然災害的國家，尤其面對氣候異常導致洪災威脅持續增加，自民國89年以來歷經多次風災，特別在民國98年莫拉克颱風及民國107年0823熱帶低壓豪雨的重創下，造成嚴重的生命財產損失。水利署長期投入相當多的人力、財力來提升地方區域排水能力，目前已經大量減少在工程設計標準下的可能淹水面積。然而面對氣候變遷的衝擊，世界各地已經正在面臨極端氣候帶來洪災的衝擊，極端氣候帶來的降雨強度已經超過目前我們工程與非工程的防治標準，因此必須強化對於面對洪災時的韌性能力，以積極面對氣候的不確定性。洪「災」雖然難以避免，但是透過洪災的韌性檢討與提升過程，可以大幅減低「害」的產生，並且能從過去的經驗中學習成長，提升到更高程度的韌性水準。韌性的提升過程除了需要瞭解自身不足之處以提出解決方法之外，還要能由下到上的協力合作才能推動成功。

基此，本計畫致力於洪災韌性提升方案與相關政策之研提，建立其政策規劃與研訂所需考量之步驟，以供後續推行之依循。然而，相關政策之研提與規劃，除以專業角度進行規劃設計外，需由下而上的先瞭解民眾意願與模式模擬成果，據以提供政策之規劃、調整，並達成政策與民眾需求之平衡。

二、策略建構階段與步驟

臺灣城市大多面臨「治水工程施作後，降低了土地淹水風險，但隨之而來的卻是土地價值的抬升，土地再次進一步開發利用而造成淹水風險進一步提升」的循環(如圖1)，在水利工程施作具有其限制性(如成本考量)的前提下，如何將韌性的相關因素納入，以打破這樣的循環，為本計畫之考量重點之一。

然而，「韌性」一詞廣泛應用於各領域(包含生態、社會、經濟、社會-生態、災害、災害管理等)，其定義亦有所不同。韌性之探討大致遵循著同一大方向：除考量災害損失程度、災害對社會經濟衝擊，與災後恢復能力(Folke et al., 2002)外，甚至需考慮災前整備、災中應變與災後重建之能力(Bruneau et al., 2003; Cutter et al., 2008)，以達避災、減災、適災、恢復之效果。聯合國國際減災策略組織(UNISDR, 2002)亦從綜合性觀點提出韌性之定義為：「系統、社區或社會對抗或調整，以獲得一個可接受狀態之能力。其決定在社會系統，可自我組織、提升學習、調適及災害恢復能力」。因此韌性評估之架構適合從綜合性角度探討(即涵蓋組織、基礎設施、社會、經濟、社區資本等層面)(Cutter et al., 2010)。

而本計畫所探討之洪災韌性定義係為：「在現有工程保護標準下，藉由強化土地利用管理，允許洪水有條件性的侵入且於災後可快速排出，並利用低窪地儲存暴雨逕流，使洪災影響最小化。」(J. Tourbier. 2012)，故後續探討內容將先聚焦於「如何透過基礎設施(包含灰色與綠色工程)使洪水造成的危害最小化」，針對上述韌性評估中組織、社會、經濟等層面之因素則暫不進行細部探討。

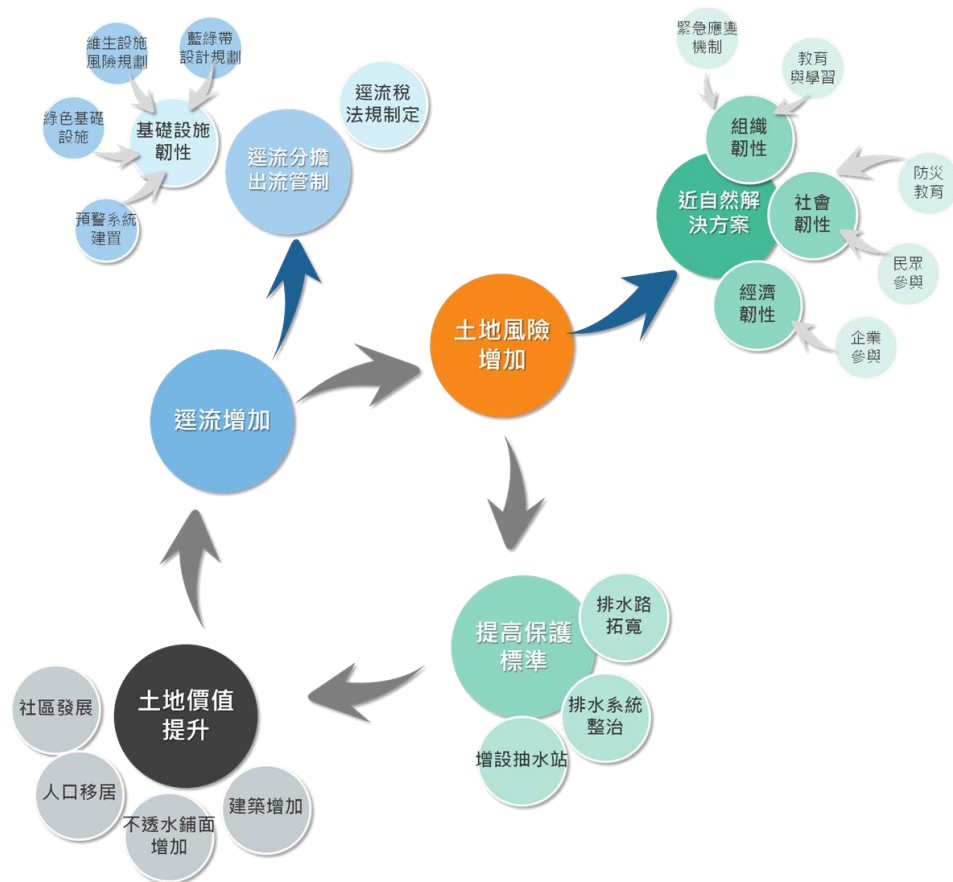


圖1 治水工程與土地風險之關係圖

針對洪災韌性提升策略建構之架構，參考 Natural and Nature-Based Flood Management : A Green Guide(World Wildlife Fund, WWF, 2017)繪製如圖2，可將架構分為五個基本階段：「洪災成因分析」、「韌性提升方案建立」、「初步方案成效評估」、「民眾參與」，以及「提案設計與效益檢核」，茲將各階段內容與其執行步驟說明如后。



圖2 洪災韌性提升策略建構之架構圖

2.1 洪災成因分析

首先第一階段「洪災成因分析」包含兩項步驟：現況調查與分析，以及瞭解淹水特性。其中，步驟一：現況調查與分析，係瞭解研究區域防洪體系並整理淹水原因，進而於步驟二：瞭解淹水特性中，掌握相關治理計畫狀況及防洪缺口，以在此基礎之上研提洪災韌性提升方案。

1. 現況調查與分析

推動研究區域的洪災韌性提升作業之前，應先瞭解研究區域的關鍵基礎問題，包括防洪體系－研究區域環境現況、鄰近排水路治理現況，以及防洪缺口－淹水情形與淹水原因。

2. 瞭解淹水特性

為能釐清各類洪災特性及可採取之因應對策，可將研究區域依社區類型：都會型、鄉村型、沿海型，及洪災型態：外水-溢堤型、外水-堤後型、內水-系統型、內水-地貌型進行洪災成因分析。

2.2 韌性提升方案建立

第二階段「韌性提升方案建立」包含兩項步驟：國際洪災韌性提升方案蒐集，以及洪災韌性方案彙整。步驟一：國際洪災韌性提升方案蒐集，係蒐集國際城市洪災韌性提升方案，據以作為後續方案擬定之依據。步驟二：洪災韌性方案彙整，係綜整各種可適用之專業方案以供後續與民眾交流討論時參考使用。

1. 國際洪災韌性提升方案蒐集

透過國際相關洪災韌性提升方案、城市案例蒐集，並從中學習、嘗試模仿或改良，建立洪災韌性提升相關方案的資料庫，以提供未來進行臺灣各區域洪災韌性提升推動作業時，可檢索資料庫內所彙整之內容據以參考使用。因此，本階段需定期(每1~2年)蒐集國外相關經驗，補充並更新洪災韌性提升方案資料庫內容。若短期間針對多處區域推動洪災韌性提升作業，則無需重複進行本步驟之內容。

2. 洪災韌性方案彙整

藉由第一階段確定研究區域的初步目標後，接著應確定洪水韌性提升的可能方向。在這階段，將配合上一步驟進行洪災韌性提升方案的篩選，依照研究區域淹水特性、地理環境、人文環境等條件，初步選擇可適用於研究區域，且未來可能被落實的洪災韌性提升方案。而方案的類別可區分為三大類：灰色工程、綠色工程、非工程。其中，灰色工程可定義為：因應防洪需求，於地上或地下所施作之基礎構造物、基礎工程與相關作為。綠色工程可定義為：因應防洪需求，且在灰色工程基礎上，以都市規劃的角度考量於地上或地下所施作之構造物、工程與相關作為。非工程可定義為：因應防洪需求，透過管理層面進行的人為措施，如緊急避難規劃、防水閘門的架設、防洪相關軟體開發與補助措施等。

2.3 初步方案成效評估

第三階段「初步方案成效評估」包含兩項步驟：淹水數值模式建置，以及初步方案成效評估。步驟一：淹水數值模式建置，係針對研究區域建置淹水模擬模式，以瞭解地

表淹水情況。步驟二：韌性提升方案評估，係以模式模擬評估相關初步方案成效，以供民眾參考並選擇最適切的方案使用。

1. 淹水數值模式建置

藉由淹水數值模式的輔助，可檢視各種洪災韌性提升方案對研究區域所帶來的效益，且具有視覺化的呈現，便於後續與民眾討論時使用。基此，淹水模式需具備可處理研究區域現況排水能力、分析現況淹水情形、探討排水不良原因、評估韌性提升方案之改善效果與設施規模，據以選用合宜之模式進行淹水模式的建置。

2. 韌性提升方案評估

研究區域淹水模式建立後，配合前一階段初擬之洪災韌性提升方案評估其成效，並透過數據化與視覺化的呈現，進而減低民眾參與討論與交流的難度。

2.4 民眾參與

第四階段「民眾參與」包含兩項步驟：需求調查，以及感知評量。步驟一：民眾參與，係就個別洪災韌性提升方案進行調查，瞭解民眾面對淹水情境之偏好與選擇。步驟二：感知評量，係用以瞭解民眾對於洪災容受力與感知程度進行提案的調整。

1. 需求調查

韌性的提升的成敗取決在民眾的接受度與參與程度，任何的洪災韌性提升方法，不論是工程或是非工程手段，若是不能符合民眾的需求，都將無法呈現韌性提升的效果。民眾需求的調查，可透過訪談、工作坊等交流方式進行。此外，需求調查亦須考量專業領域人士的意見，以便於後續地方政府推動作業的運行。

2. 感知評量

資通訊科技服務的發展，創造了對「使用者」更廣泛，社群化的理解，以及提供了跨時空尺度下探討環境-社會的契機。社群的去地域性使其對象不再受限於在地居民，而是因特定議題所聚合的群體。網路使用者(社群成員)在網路上評價以表達其感知的可能，在群眾外包的概念下搜集社會評價所建立的資料庫，除了呈現大眾，一般性的社會價值，也可以在適地性服務的概念下提供推播通知與資訊傳遞的加值服務。現有的研究計畫都已經證明這樣的技術應用在社會評價上的可行性。

基此，以資通訊科技結合群眾外包與用戶生成內容的概念下，發展一套用於城市空間特性動態指認與加值的系統，開放市民智慧共同參與在都市空間活化的決策過程當中，開創出智慧社區乃至於智慧城市在空間成型與治理的創新途徑。

2.5 提案設計與效益檢核

第五階段「提案設計與效益檢核」包含兩項步驟：研提方案與推行，以及非工程方案考量。步驟一：研提方案與推行，係與民眾討論商議並配合模式模擬成效，研提最後採用方案，據以後續推行。步驟二：非工程方案考量，當工程方案未如預期提升洪災韌性時，需考量其它軟性方案。

1. 研提方案與推行

步驟主要將統整階段二之初步提案與並配合階段四進行民眾感知評量之成果，提出

民眾接受的提升方案，透過階段三建置之淹水數值模擬模式分析其改進洪災的成效。若其效益不佳，則重複階段三與階段四之內容，重新與民眾討論並搜尋可以接受且能提升洪災韌性的解決方案。

2. 非工程方案考量

惟透過前述階段與步驟之討論與篩選，並經由淹水模擬模式的檢核皆未能如預期的提升研究區域的洪災韌性，則需考量透過警戒與防災體制的規劃、對民眾的教育與宣導、適當的土地利用規劃等非工程方案的導入，提升研究區域之洪災韌性。

三、案例示範

本計畫以臺南市安南區總頭地區(包含總頭社區及總頭寮工業區)為案例，進行前述洪災韌性提升策略建構五階段與各步驟之操作示範。

3.1 現況分析

本計畫選定之洪災示範區總頭地區，包含總頭社區及總頭寮工業區。該區域地勢呈東北向西南傾斜，歷年來因為安南區地勢平坦，加上土地開發逕流量增加，排水系統未能全面配合整治，排水路通洪斷面及堤岸高度不足，排水坡度平緩，因此地勢較低窪地區排水不易，加上下游地勢較低，又該區域位屬感潮河段，排水路易受鹽水溪排水之外水頂托，其先天排水條件較差，重力排水困難，而部份支、分線排水路下游地區之農田或村落由於地勢低且排水設施不完善，每逢颱風、豪雨時極易導致窪地、區內道路及住家淹水。

0823熱帶低壓豪雨時因東側的六塊寮排水溢堤，總頭社區淹水深度約0.3~0.8公尺最深及腰，總頭寮興安宮的廟埕淹水，且南側十三佃積淹嚴重，致水位回堵，加上南側黃昏市場排水回流，社區北側長溪路三段跟台江大道路口積淹車子無法通行，南側道路亦因十三佃嚴重積淹水封路，造成交通中斷；總頭寮工業區則淹了三個多小時，水深約0.3~0.5公尺，所幸並未淹進廠房。

研究區域位於鹽水溪支線海尾寮排及六塊寮排水兩集水區中間，0823熱帶低壓豪雨淹水原因包含：(1)六塊寮排水溢流、(2)內水排水系統不良(僅有側溝)、(3)南側十三佃積淹嚴重及南側黃昏市場的水回流，內水無法依地勢排出、(4)台江大道阻隔效應(總頭寮工業區內水無法排出)、(5)鹽水溪外水高漲，外水高漲內水無法排出，四草潮位站於暴雨期間出現滿潮，潮位約1.17公尺、(6)降雨量超過排水設計標準：安南雨量站24小時累積雨量435.5毫米，超過20年重現期、(7)現有抽水站距離總頭地區太遠，未能進行抽排(且外水位高)。

基於上述淹水情形與淹水原因，臺南市總頭地區之防洪缺口可整理為3點：(1)地勢低窪內水不易排出、(2)南側積淹，內水無法排出、(3)村落排水蒐集系統不良。

3.2 洪災韌性提升初步方案

洪災韌性提升方案可區分為三類：灰色工程、綠色工程、非工程，其中灰色工程係為臺南市政府現階段已規劃之各項排水整治工程，故灰色工程將不再於後續內容進

行贅述。而針對綠色工程相關方案，本計畫進一步配合土地利用方式：工業區、住宅區、農地、閒置用地、道路等進行細分，而各項土地利用類別於洪災韌性提升方案研提過程中，需針對研究區域考量之條件依序說明如下：。

1. 工業區

方案研提之方向，需考量(1)工業區地理環境、(2)工業區大小、(3)產業類別、(4)產業規模、(5)廠家意願。

2. 住宅區

方案研提之方向，需考量(1)建成環境、(2)民眾意願

3. 農地與閒置用地

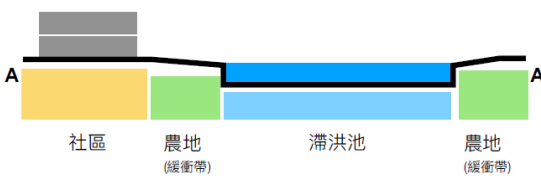
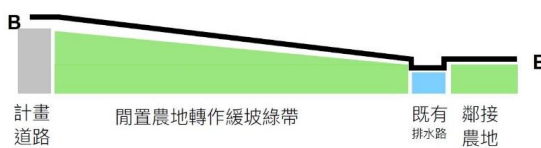
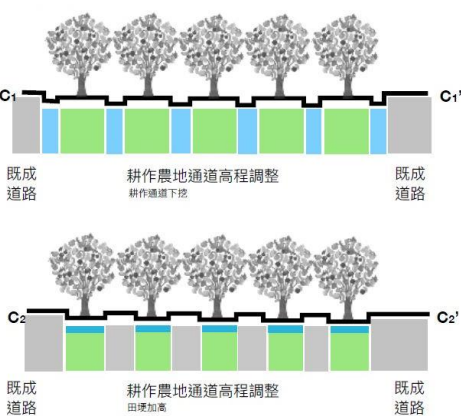
方案研提之方向，需考量(1)現況有無耕作或其他使用、(2)土地大小或區塊完整性、(3)農民及地主之意願

4. 道路

方案研提之方向，需考量(1)是否為主要聯絡道路、(2)道路地勢高低。

基於上述條件，可將初步評估可適用於臺南市總頭地區之綠色工程與非工程方案綜整如表1。

表 1 總頭地區洪災韌性提升方案初擬

工程類別	土地使用方式	方案名稱	簡介
綠色工程	農地	1.傳統單一位置滯洪池挖深 	選定適宜地點，利用土地徵收挖深基地建立滯洪池，提升地方洪災韌性。
		2.獎勵大範圍閒置農地下挖滯洪 	鼓勵與協助農業土地建構緩坡式下沉廣場，提升地方容水能力。
		3.增加耕作土地內的滯洪空間 	針對仍有農作的土地，建議將邊緣及通道部分挖深，或是加高田埂的方式增加土地的滯洪功能。

工程類別	土地使用方式	方案名稱	簡介
	住宅區	<p>住宅區、社區鄰里公園採用複合式公共空間進行滯洪</p> <p>平面示意 Plan</p> <p>現況 Original</p> <p>情境1 建立下沉式景觀公園，利用緩坡創造社區與公園的邊界</p> <p>情境2 停車空間立體化，將一樓留設為與廣場連接的半戶外空間，提供兒童遊樂與社區活動使用</p> <p>情境3 強降雨期間下沉式規劃的社區公園能滿足滯洪需求，減少淹水對社區的衝擊</p>	<p>整合公園及停車用地，規劃為多目的之複合式公共空間，滿足停車、滯洪、兒童與社區活動使用需求。</p>
	工業區	<p>工業區基地墊高並獎勵建物更新(立體化更新)</p> <p>利用都市計畫方法，鼓勵工業區建物更新，翻轉過去的水平移動路徑，建立垂直動線為主的服務系統。新建建築物除了提供原企業使用之外，新增之樓地板面積亦能配合社區活動，或政府新創產業發展所需使用</p> <p>將基礎設施裝設在二樓以上，一樓以交通運輸服務為主要機能，配合垂直服務動線做完成製成物流，從建築面向建築面向強化產業面對淹水的容受力。基地周邊減少硬鋪面與非必要的開挖，從土地管理的面向進行工業區環境改善。</p>	<p>利用都市計畫法，鼓勵工業區建物更新，建立垂直動線並將一樓用地轉為物流使用與容水空間。</p>
非工程	-	非工程方案	<p>在不進行大規模工程之條件下，擬針對現有狀況進行非工程之補強措施，如：加設防水閘門、移動式防水擋板。</p>

3.3 初步方案成效評估

本計畫利用SOBEK模式具有在一維渠流與二維漫地流進行耦合演算的特性，以SOBEK模式進行排水路渠流及地表漫地流淹水之模擬，同時亦納入村落蒐集系統，並採用各排水路斷面及蒐集系統進水口做為二維漫地流及一維渠流銜接之界面，將進水口排入蒐集系統之流量，視為漫地流模式中之點匯(sink)，而由排水斷面溢出至地表之流量，則視為漫地流模式中之點源(source)，以模擬水流在地面及渠道間交互流動之現象。

歷年造成總頭地區淹水情形嚴重之事件分別為民國94年0612豪雨，以及民國107年0823熱帶低壓豪雨，故選用此二場水文事件進行檢定與驗證(如表2)，其模擬結果與歷史災害調查及現地訪談實際淹水情形大致吻合。

表 2 淹水模式驗證情形

降雨事件	模擬 淹水面積	模擬 最大淹水深度	實際調查 淹水面積	實際調查 最大淹水深度
民國94年 0612豪雨	90.8 km ²	0.75 m	92.9 km ²	0.7 m
民國107年 0823熱帶低壓豪雨	103.4 km ²	0.75 m	110.6 km ²	0.8 m

基此，針對前述綠色工程農地之三項方案，可透過淹水模式模擬其改善成效(如表3與表4)：

1. 農地方案一：傳統單一位置滯洪池挖深，總頭寮工業區與總頭社區範圍內之淹水深度，並無明顯變化，大部分淹水深度仍在0.3~1.0m之間。
2. 農地方案二：獎勵大範圍閒置農地下挖滯洪，總頭寮工業區與總頭社區範圍內之淹水深度，較具明顯變化，其淹水區域減少，淹水深度皆降至0~0.5m之間。
3. 農地方案三：增加耕作土地內的滯洪空間，總頭寮工業區與總頭社區範圍內之淹水深度，雖然耕作土地內淹水深度明顯增加，但對於總頭寮工業區與總頭社區之淹水狀況並無明顯之改善，大部分淹水深度仍在0.3~1.0m之間。

基此，在此階段初步建議以方案二的大範圍農地滯洪，進行後續洪災韌性提升方案為主要設計方向。

表 3 農地三項初步方案成效評估結果



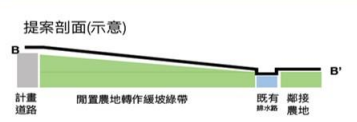
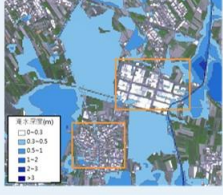
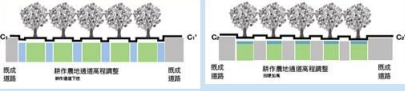

方案名稱	施作設定	模擬結果
<p>傳統單一位置滯洪池</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 挖深 3m • 使用面積約3.2公頃 • 滯洪體積約9.6萬m³ 	
<p>大範圍農田滯洪</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 挖深 0.5m • 使用面積約40公頃 • 滯洪體積約20萬m³ 	
<p>增加耕作土地內的滯洪空間</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 邊界挖深 1m • 使用面積約2.8公頃 • 滯洪體積約2.8萬m³ 	

表4 農地三項初步方案滯洪效益比較表

項目	改善前	方案一 傳統單一位置滯 洪池挖深	方案二 獎勵大範圍閒置 農地滯洪	方案三 增加耕作土地內的滯 洪空間
模擬區域面積(ha)	172.05	172.05	172.05	172.05
一日降雨量(mm)	283	283	283	283
滯洪體積(萬 m ³)	0	9.6	21.78	2.8
最大淹水面積(ha)	10.91	7.17	3.06	7.92
最長淹水時間(hr)	23	16	0	18
最高淹水深度(m)	0.87	0.68	0.29	0.77

3.4 民眾需求調查與感知評量

民眾需求是本計畫的核心內容，因此藉由前述章節中所提出之綠色工程及非工程的方案，並將部分方案利用淹水模擬、檢驗，預估其可能對研究區域帶來的效益，以呈現韌性的表現後，緊接著將進行民眾對各方案的偏好選擇並進行感知評量。

1. 訪談提綱

為了更容易的瞭解民眾對於本計畫所初步研提之各項提案想法，並促進民眾對於提案的參與，以討論出符合需求的方案，本計畫針對受訪者分為社區端與專業端，並各別設計兩方的訪談提綱：

(1) 社區端：

- 淹水事件對您生活與工作的衝擊程度為何？
- 您認為總頭地區選用哪一類(或哪些)方案最適宜？請說明。
- 請告訴我們您對這些耐洪韌性提升方案的想法。

(2) 專業端：

- 您認為上述各類方案，哪一項滯洪效益最高？
- 各類方案中，哪一項對地方發展最有助益？為什麼？
- 您認為總頭地區選用哪一類方案最適宜？
- 若有更好的方案，請和我們分享。

2. 意見反饋

前述受訪民眾對於本計畫所初步研提之韌性提升方案意見，以下依據綠色工程中所區分之土地使用分類，及非工程等類別進行區分與意見綜整。

(1) 工業區

眾人認為在工業區方面，可透過獎勵自主墊高、立體化更新、地下滯洪等策略，改善現有的淹水情形，並透過智慧水管理，使得淹水事件發生時可以更靈敏地做出相對應的措施。

(2) 住宅區

在住宅區眾人皆認為地下滯洪對於當地是有益處且可以操作的，而在這之中獎勵補償、建築管制的概念是十分重要且關鍵的。

(3)農地

在農地的提案方面要重點完善徵收、租用、保險等後續獎勵補償的問題，才可以提高方案實施的可能性與效益。

(4)閒置用地

配合政府治水方針：逕流分擔、出流管制的施行，但面對私有之閒置土地較多，而地主不願以政府承租的方式承租其土地施作滯洪池，且財政有限無法進行徵收的狀況下，將閒置土地作為滯洪功能的方案可能會面臨較多的阻礙。

(5)道路

台江大道加高，雖確保主要聯繫道路暢通，但造成工業區內道路容易產生積淹水，對工業區民眾的出入安全帶來影響，建議應有相關配套措施藉以提升工業區民眾的行車安全。社區民眾對於道路需求為淹水時仍保有主要聯通道路。

(6)非工程

防水閘門的裝設對於常需要貨車進出的工業區廠家相當不便，且工業區及社區民眾皆認為裝設費用高。對於社區內的道路積淹水通報系統，為社區民眾普遍認為淹水期間可作為減少居民不便之可行方案。

3. 感知評量

民眾感知評量之操作，其係透過評量之操作進行風險辨識。此外，人們擁有不同立場、不同角色，更會有相異的容受力及感知程度。風險辨識著重在民眾的感受，因為與居住地相關，對地方的瞭解遠比政府、專業人士要清楚，而且會最先接觸到災害，也是最需要做預防措施的群體。因此，在規劃韌性提升方案時，需透過風險辨識將民眾的感受納入討論；瞭解民眾的感受才能清楚在規劃方案上，知曉該如何改進以符合其需求。

(1)操作對象

進行感知評量操作之使用者(受試者)分為專業端、社區端、大眾端等三類。其中，專業端是指跨領域專業者，包含水利、都市計畫等領域，政府部門也囊括在這群體裡；社區端是指地方居民，即是總頭社區與總頭寮工業區的民眾；大眾端則是一般大眾。對不同族群感知的了解，將有助於體現並檢驗地方需求，掌握政策可行性，以協助建立具不同族群共識的韌性提升方案。

(2)分析結果

本計畫感知評量操作係使用臺南市不同時期淹水照片(共蒐集325張照片)進行評價。蒐集大眾端、專業端、社區端於系統中之照片評分資料後，將照片依據分數級距：4分以下(不含4分)、4~7分、7分以上(不含7分)做分類，並計算大眾端、專業端、社區端各別的分數級距所佔的比例，大眾端共評307張照片、專業端共評119張照片、社區端共評74張照片。

初步瞭解三端大致上的感知評量分數比例後，接著選擇7.0分以上的照片，進行高風險照片屬性分析，利用主題標籤(#Hashtag)的方式，將照片中出現地點評價使用者(受試者)認為危險的因素做標記。主題標籤主要項目為：土地利用、交通設施、建築物、人、街道設施、排水設施、公共設施，各個項目之細項。透過高風險照片屬性分析可知：(1)人們對於道路的通暢與否相當重視、(2)建成用

地與日常生活關係密切，若建物淹水會造成一定程度上生活的不便性、(3)農地淹水對民眾生活的影響較低、(4)汽、機車能否正常行駛視為重要的指標、(5)住家淹水會造成家中依賴人口(老人與小孩)到避難所避難之問題，以及家中財產將受損、(6)店家淹水會影響產業經濟，財產受損嚴重，使民眾的復原成本增加。

3.5 提案設計與效益檢核


根據前述民眾需求調查與感知評量的分析結果，將總頭社區與總頭寮工業區之韌性提升方案依土地使用分區分為工業區、住宅區、農地與閒置用地、道路，進行方案規劃，可將洪災韌性提升方案初步彙整如表5。

然而，考量總頭地區土地使用類型中，以農地與閒置用地為最多，故以此為方向初步建議之洪災韌性提升方案係採用綠色工程：大範圍創造0.5m的滯洪空間，進行滯洪可有效緩解淹水狀況。故初步設計選取總頭地區約45.56公頃之大面積閒置土地進行蓄水，參考原「臺南地區鹽水溪排水系統整治及環境管理規劃」報告採用之臺南站Horner降雨強度公式，以24小時降雨量為例，總頭寮工業區10年重現期保護標準可提升為48年(543.6 mm)，總頭社區10年重現期保護標準可提升為35年(514.6 mm)，如表6所示。並可將總頭寮工業區及總頭社區之淹水深度皆降至30 cm以下(如圖3)。

表5 總頭地區以流域為主體對應之初步提案內容

治理區域	土地使用類別	韌性提升方案類別	工程規劃
上游流域	-	灰色工程	<ul style="list-style-type: none"> ●排水系統相關治理工程 <ol style="list-style-type: none"> 1.堤岸加高工程 2.渠道拓寬整治 3.建設抽水站
中、下游流域	工業區	綠色工程	<ul style="list-style-type: none"> ●自主墊高： <ul style="list-style-type: none"> 墊高房屋與提升住宅耐水能力
	農地與閒置空地		<ul style="list-style-type: none"> ●緩坡式地景設計： <ol style="list-style-type: none"> 1.檢討雨量的承受空間、滯洪池、蓄洪池等可積水濕地的闢建 2.邊坡降挖提供滯水空間
	住宅區		<ul style="list-style-type: none"> ●下沉式邊坡與地下滯洪 <ul style="list-style-type: none"> 都會區綠帶規劃設計 ●生活空間與停車 <ul style="list-style-type: none"> 採用綠色基礎建設進行蓄洪，並非僅依靠傳統的下水道與抽水機
	道路		<ul style="list-style-type: none"> ●道路加高： <ol style="list-style-type: none"> 1.道路透水鋪面 2.改善地形、地物及地貌對地面水流流動的影響，讓內水可以更快排出

表6 大範圍創造0.5 m滯洪空間之減洪效益分析

	工業區A=914733m² 都計綠地a1=4443m ² 閒置農地a2=265512m ² 蓄水深度h=0.5m 蓄水體積v1=2222m ³ 蓄水體積v2=132756m ³ 蓄水總體積V=134978m ³ 可減少暴雨深度 h=V/A=0.147m=147mm		社區A=805781m² 都計綠地a1=19918m ² 閒置農地a2=170589m ² 蓄水深度h=0.5m 蓄水體積v1=9959m ³ 蓄水體積v2=85295m ³ 蓄水總體積V=95254m ³ 可減少暴雨深度 h=V/A=0.118m=118mm			
	重現期距(年) 24小時降雨量(mm) 工業區閒置土地滯洪後暴雨深度(mm) 工業區閒置土地滯洪後之重現期距(年) 社區閒置土地滯洪後暴雨深度(mm) 總頭社區閒置土地滯洪後之重現期距(年)	2 225.6 372.6 8 343.6 6	5 329.3 476.3 24 447.3 18	10 396.6 543.6 48 514.6 35	25 482 629 116 600 86	50 546.4 693.4 225 664.4 167

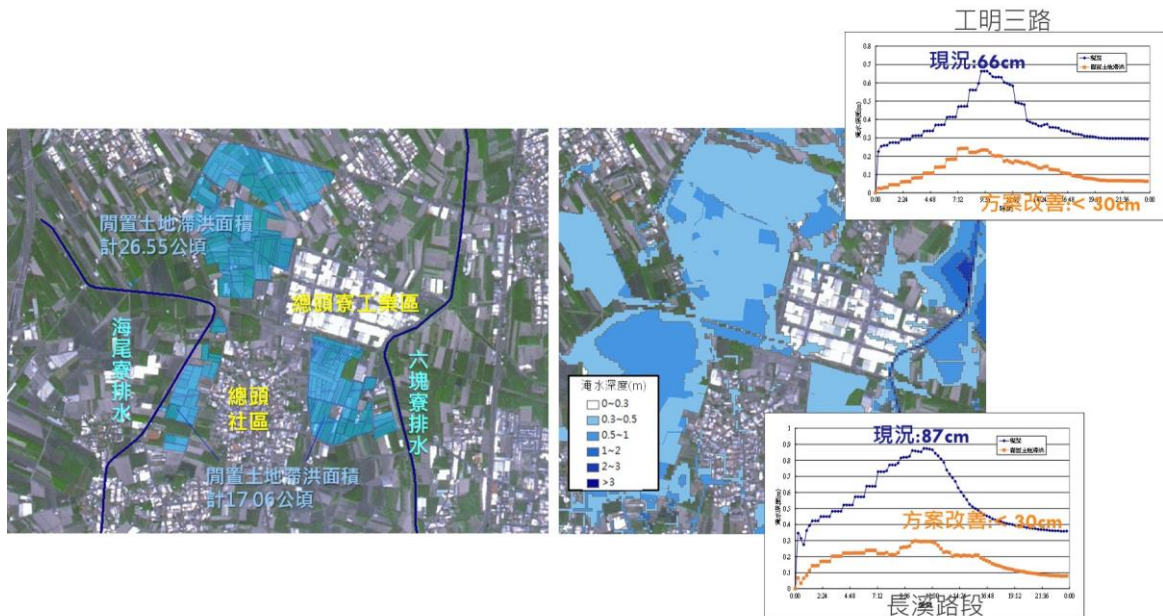


圖3 總頭地區洪災韌性提升方案對淹水深度之改變狀況

四、結論與建議

4.1 結論

本計畫建立洪災韌性提升策略建構步驟可分為：1.洪災成因分析、2.韌性提升方案建立、3.初步方案成效評估、4.民眾參與、5.提案設計與效益檢核。利用此建構步驟，初步以臺南市安南區總頭地區為案例示範，配合國際近自然解決方案之蒐集與民眾感知調查，建立符合民眾期待之有效洪災韌性提升策略。

1. 洪災成因分析：地勢低窪、總頭地區南側積淹導致內水無法排出、村落排水蒐集系統不良等問題，易造成該地區淹水。
2. 韌性提升方案建立：依該地區土地使用方式(多為農地及閒置用地)，可初步以「強化

滲透與滯水能力」為洪災韌性提升方案主要之研訂方向。

3. 初步方案成效評估：針對農地與閒置用地提出3項滯洪方式；工業區立體化更新；住宅區下沉式公園設計規劃；防水閘門與即時通報系統等方案。
4. 民眾參與：民眾較在意住家淹水狀況及交通需求，農地淹水狀況相對較不在意，故可朝向農地滯洪之方式進行。工業區產業規模不大，較不願意進行立體化更新，傾向以自主墊高地基之方式進行。
5. 提案設計與效益檢核：初步以「創造0.5m蓄水空間」之方式進行滯洪規劃，可有效降低淹水深度(降至0.3m以下)。需輔以非工程方式進一步減少積淹水對工業區及住宅區之影響

4.2 建議

1. 對於農地用戶實施農地滯洪補償，宜蘭縣政府於民國107年3月初擬相關施行與補償辦法，但礙於地方政府財政考量，已於民國107年4月縣務會議中決議暫緩施行。未來欲推行農地滯洪，應針對相關補償辦法先行評估地方政府財政狀況是否許可，或有無中央政府相關補助。
2. 針對補償方案的擬定及後續的推行，未來應考量其公平性，例如：若當地發生淹水，探究其原因是因上游流域造成本地淹水，則給予淹水地區補償。但若淹水是因在地本身造成的，則應督促在地本身負起相應的責任，有所改善作為，而非一直進行補償，可依淹水原因及各權責分工來擬定淹水補償措施。
3. 後續應進一步進行極端氣候下，洪災韌性提升方案之完整規劃，包含法規面、工程面、國土規劃面、民眾影響等層面之推行方式，並探討洪災韌性提升方案施作後對其他地區可能之連動影響，並提出洪災韌性提升方案與具體措施之各部會分工架構，作為未來賡續推動之參考。

參考文獻

1. 沈揚庭，盧沛文，民國 105 年，看不見的社區：邁向社區智慧的智慧社區。內政部建研所智慧化居住空間 技術專題。
2. 臺南市政府，民國 98 年，鹽水溪排水系統一六塊寮排水治理計畫。
3. 臺南市政府，民國 98 年，曾文溪排水系統海尾寮排水、本淵寮排水、新吉排水及新吉排水(安定)治理計畫。
4. 經濟部水利規劃試驗所，民國 97 年，臺南地區鹽水溪排水系統整治及環境管理規劃。
5. 經濟部水利署，民國 107 年，107 年 0823 熱帶氣壓豪雨淹水檢討報告。
6. WMO (2018). Guide for Urban Integrated Hydro-Meteorological, Climate and Environmental Services: Part 1a: Concept and Methodology.
7. WMO (2017). Selecting Measures and Designing Strategies for Integrated Flood Management: A Guidance Document. Geneva, WMO.
8. WWF (2017). Natural and Nature-Based Flood Management: A Green Guide.